

Kapitel 1

Einleitung



Motorwagen. Carl Benz 1886



Fließproduktion des Model-T, ab 1913

Abbildung 1.1: Motorwagen von Carl Benz (links)¹ und die Fließproduktion des Model-T bei Ford (rechts)²

1886 meldet der Mannheimer Carl Benz das erste Automobil mit Verbrennungsmotor zum Patent an (siehe Abbildung 1.1).³ Er legt damit den Grundstein für das moderne Automobil. Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts hatte Henry Ford die Vision eines für jederman erschwinglichen Fahrzeugs. Bis dahin waren Automobile reine Luxusgüter. Um seine Vision zu verwirklichen, entwickelte er das „Model-T“. Die Grundidee bei der Entwicklung war, das Fahrzeug so zu konstruieren, dass es jeder verstehen und reparieren konnte. Um das Model-T für möglichst viele Menschen erschwinglich zu machen, musste Ford die Produktionskosten senken. Daher entschied er sich im Jahre 1909 entgegen der Ratschläge des Vertriebs, ausschließlich

²Quelle: Daimler AG (2012a)

²Quelle: Wettengl (2011)

³Die Patentnummer ist 37435, vgl. Daimler AG (2012b)

das Model-T zu produzieren und andere Baureihen einzustellen. Das Model-T wurde in einheitlichen Ausführungen produziert. Selbst die Farbe der Karosserie war standardisiert: „A customer can have a car painted any colour that he wants so long as it is black.“ Anschließend realisierte er sein Ziel der Massenfertigung erschwinglicher Automobile mit der Einführung der Fließproduktion des Model-T im Jahre 1913.⁴

Die Fließproduktion hat sich in der Automobilindustrie durchgesetzt und wird bis heute angewendet. Im Gegensatz zu den Zeiten Henry Fords verstärkt jedoch eine wachsende Wettbewerbsintensität in der Automobilindustrie den Druck auf die Produzenten, sich zu differenzieren und Alleinstellungsmerkmale zu erarbeiten. Gleichzeitig steigen die Kundenansprüche hinsichtlich Flexibilität bei Änderungswünschen und Individualität bei der Konfiguration des Fahrzeuges.⁵ Die Automobilhersteller reagieren auf diese Herausforderungen mit einem Ausbau der Modellpalette und mehr Ausstattungsoptionen.⁶ So kann der Kunde beispielsweise beim Kauf einer BMW 5er Limousine online zwischen 18 Farblackvarianten wählen und diese mit 17 Stoff- oder Lederpolstern sowie 17 unterschiedlichen Motorvarianten kombinieren. Somit ergeben sich allein aus diesen Grundoptionen 5202 Fahrzeugvarianten der Limousine. Diese Fahrzeugvarianten können mit weiteren Optionen kombiniert werden, z.B. einem Schiebedach, einer Sitzheizung oder einer Fondklimatisierung.⁷ Die Daimler AG bietet, zumindest theoretisch, 2²⁷ Produktvarianten der Mercedes-Benz C-Klasse an.⁸ Im Allgemeinen kann zwischen Optionen, die vom Kunden aktiv gewählt werden (z.B. Schiebedach, Fondklimatisierung), und solchen, die sich indirekt aus den Kundeneigenschaften ergeben, unterschieden werden. Beispielsweise ist die Lenkungsart (Links- oder Rechtslenker) abhängig davon, aus welchem Land der Kunde bestellt und wird nicht aktiv vom Kunden gewählt. Auf Grund der Vielzahl an Optionen und der daraus resultierenden Optionskombinationen ist im Prinzip jedes Fahrzeug ein individuelles Produkt.

Eine wesentliche Herausforderung ist es, trotz der individuellen Leistungserstellung, einen effizienten Produktionsprozess zu gewährleisten. Dieser Herausforderung wird mit der Einführung von Variantenfließlinien begegnet, auf denen unterschiedliche Produktvarianten in beliebiger Reihenfolge gefertigt werden können.⁹

Eine Folge der Variantenvielfalt ist, dass zwei Produktionsaufträge im Allgemeinen unterschiedliche Produktionsressourcen (z.B. Bauteile oder Montageumfänge) bean-

⁴Vgl. Ford und Crowther (1922, S. 64f)

⁵Vgl. Gehr und Hellingrath (2007, S. 8)

⁶Vgl. Becker (2010, S. 10)

⁷Dies hat eine Auswertung des Fahrzeugkonfigurator auf www.BMW.de ergeben.

⁸Vgl. Röder und Tibken (2006)

⁹Vgl. Golz et al. (2012)

spruchen. Dies führt zu schwankenden Ressourcenbedarfen auf der Variantenfließlinie. Die Produktionskapazitäten können jedoch nicht beliebig flexibel angepasst werden. Deshalb sind sie auf einen antizipierten durchschnittlichen Bedarf ausgelegt. Folglich kann eine Bündelung von ressourcenintensiven Produktvarianten zu einer Überlastung des Produktionssystems führen. Auf der anderen Seite führt eine Bündelung von nicht-ressourcenintensiven Produktvarianten zu Ineffizienzen.

Mit Bezug zu Variantenfließlinien, wie sie in der Automobilindustrie Anwendung finden, sind die Produktionsprogrammplanung und die Reihenfolgebildung innerhalb eines hierarchischen Planungssystems miteinander verknüpft.¹⁰ Im Rahmen der Produktionsprogrammplanung werden die Produktionstermine für kundenindividuelle Produktionsaufträge determiniert. Dabei ist es entscheidend, einen Ausgleich zwischen dem volatilen Ressourcenbedarf und der für eine effiziente Produktion notwendigen Bedarfsstabilität zu schaffen. Allerdings sind bei der Produktionsprogrammplanung nicht nur der Ressourcenbedarf, sondern auch die unter Umständen bereits vereinbarten Auslieferungstermine zu beachten.

Für die nach der Produktionsprogrammplanung festgelegten Produktionsperioden (z.B. Tage) wird anschließend im Rahmen der Reihenfolgebildung die Produktionssequenz bestimmt. Folglich muss die Reihenfolgebildung bei der Produktionsprogrammplanung antizipiert werden. Im Rahmen der Reihenfolgebildung wird für jeden Produktionsauftrag an einem Produktionstermin der Produktionstakt bestimmt. Analog zur Produktionsprogrammplanung ist es dabei entscheidend, temporäre Über- bzw. Unterlastsituationen durch einen Ausgleich zwischen Produktvarianten mit hohem und niedrigem Ressourcenbedarf zu vermeiden. Der Zusammenhang von Produktionsprogramm- und Reihenfolgeplanung ist in Abbildung 1.2 dargestellt.

Ein verbreitetes Verfahren ist die aggregierte Berücksichtigung der Montagekapazitäten bei der Produktionsprogramm- und Reihenfolgeplanung. Dabei wird der tatsächlich durch eine Produktvariante entstehende Ressourcenbedarf über sogenannte Sequenzierungsregeln antizipiert. Eine Sequenzierungsregel besagt, dass in einer Folge von x Aufträgen, nur y Aufträge eine bestimmte Ausstattungsoption enthalten dürfen.

Die Produktionsprogrammplanung für Variantenfließlinien findet in der wissenschaftlichen Literatur wenig Beachtung, und die bestehenden Ansätze konzentrieren sich im Wesentlichen auf die beschriebene aggregierte Betrachtung der Produktionskapazitäten. Ein Nachteil des aggregierten Ansatzes ist, dass die Ergebnisqualität

¹⁰Für eine detaillierte Betrachtung der hierarchischen Planung, siehe Schneeweiss (1995) und Schneeweiss (1998).

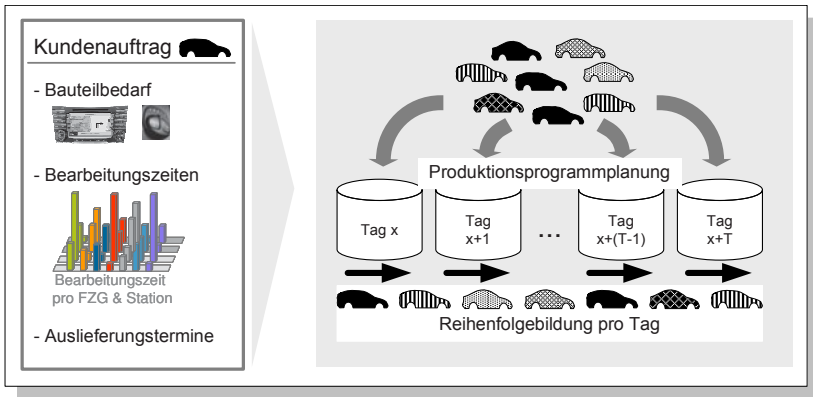


Abbildung 1.2: Zusammenhang der Produktionsprogramm- und Reihenfolgeplanung für Variantenfließlinien

entscheidend von der Wahl der Sequenzierungsregeln abhängt. Die Wahl geeigneter Sequenzierungsregeln ist jedoch auf Grund der Optionsvielfalt und der Korrelation der Optionen keine triviale Aufgabe. Diese Problematik wird durch einen detaillierten Ansatz umgangen, bei dem die genauen Ressourcenbedarfe jedes Auftrags direkt bei der Planung berücksichtigt werden.

Schwerpunkt dieser Arbeit ist daher die Entwicklung von Optimierungsverfahren für den detaillierten Ansatz der Produktionsprogrammplanung für Variantenfließlinien. Darüber hinaus wird ein integrierter Planungsansatz vorgestellt, bei dem die Produktionsprogrammplanung und die Reihenfolgebildung simultan gelöst werden. Es sollen insbesondere die folgenden Fragestellungen untersucht werden:

- Wie können die Montagekapazitäten bei der Produktionsprogrammplanung detailliert betrachtet und wie kann die Reihenfolgebildung antizipiert werden?
- Können die Produktionsprogramm- und Reihenfolgeplanung simultan gelöst werden?
- Wie können neben den Montagekapazitäten weitere Nebenbedingungen bezüglich Bauteilkapazitäten oder Auslieferungsterminen bei der detaillierten Produktionsprogrammplanung berücksichtigt werden?

Aus diesen Fragen leitet sich der Aufbau der Arbeit ab. Zunächst wird in Kapitel 2 das Problemfeld der variantenreichen Fließproduktion in der Automobilindustrie

beschrieben. Mit Bezug auf die variantenreiche Serienproduktion kann eine Vielzahl von Planungsproblemen identifiziert werden. Diese Planungsprobleme werden in Abschnitt 3 vorgestellt und strukturiert. Auf die Herausforderungen der Produktionsprogrammplanung wird ausführlich in Kapitel 4 eingegangen. Die Antizipation der Reihenfolgebildung bei der Produktionsprogrammplanung wird in Kapitel 5 untersucht. Dazu werden unterschiedliche Zielfunktionen für die Produktionsprogrammplanung formuliert und daraus heuristische Verfahren abgeleitet. Die Montagekapazitäten jeder Arbeitsstation und der Kapazitätsbedarf jedes Produktionsauftrags an jeder Station werden dabei detailliert betrachtet. In Kapitel 5 wird ausschließlich auf die Interdependenz der Produktionsprogramm- und der Reihenfolgeplanung eingegangen – weitere Nebenbedingungen (z.B. Auslieferungstermine) werden vernachlässigt. Neben den Verfahren für die Produktionsprogrammplanung wird ein integrierter Planungsansatz für die Produktionsprogramm- und Reihenfolgeplanung beschrieben. Schließlich werden die unterschiedlichen Verfahren in umfangreichen numerischen Tests untersucht, insbesondere bezüglich ihrer Wirkung auf die Reihenfolgebildung. Ausgewählte Ansätze werden anschließend in Kapitel 6 um die Berücksichtigung weiterer Nebenbedingungen, z.B. Restriktionen für bestimmte Bauteile oder Auslieferungstermine erweitert. Kapitel 7 enthält abschließend eine Zusammenfassung des Geleisteten und zeigt weitere Forschungsmöglichkeiten auf.

Produktionsprogrammplanung bei variantenreicher
Fließproduktion

Untersucht am Beispiel der Automobilendmontage

Dörmer, J.

2013, XVIII, 133 S. 39 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-658-02091-0